

0181319

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-067229

出 願 人

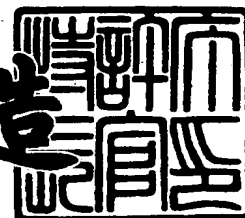
Applicant(s):

株式会社東芝

2001年10月19日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3092728

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000006809

【提出日】 平成13年 3月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 荷電ビーム露光装置及び露光方法

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 中杉 哲郎

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電ビーム露光装置及び露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料上に形成された第 1 マークの位置を光学顕微鏡により測定する手段と、  
前記測定された第 1 マークの位置に基づいて、荷電ビームにより第 1 の入射エネルギーで前記試料上に第 2 マークを露光する手段と、

前記第 1 及び第 2 マークを含む領域を荷電ビームによって第 2 の入射エネルギーで走査し、該ビーム走査により前記試料から発生する電子信号を検出する手段と、

前記検出された電子信号から前記第 1 及び第 2 マークの位置ずれ量を算出する手段と、

前記算出された位置ずれ量に基づいて前記試料上の第 1 マーク位置を補正する手段と、

前記補正された第 1 マークの位置に基づいて所望のパターンの位置合わせ露光を行う手段と、

を具備してなることを特徴とする荷電ビーム露光装置。

【請求項 2】

前記第 1 マークの位置を光学顕微鏡により測定する手段は、複数の第 1 マークのうちの一部の位置を測定すると共に、該測定結果によって残りの位置を算出することを特徴とする請求項 1 記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 3】

前記第 2 の入射エネルギーは、前記第 1 の入射エネルギーよりも小さいことを特徴とする請求項 1 記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 4】

前記第 2 の入射エネルギーは 3 k e V 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 3 記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 の入射エネルギーを異ならせるために、前記試料に電圧を印

加する手段を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 の入射エネルギーを異ならせるために、パターン露光用の荷電ビーム光学系とは別に、マーク位置検出用の荷電ビーム光学系を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項 7】

レジストで被覆された試料上に形成された第 1 マークの位置を光学顕微鏡により測定する工程と、

前記測定された第 1 マークの位置に基づいて、荷電ビームにより第 1 の入射エネルギーで前記試料上に第 2 マークを露光する工程と、

前記第 1 及び第 2 マークを含む領域を荷電ビームにより第 2 の入射エネルギーで走査し、該走査により前記試料から発生する電子信号を検出する工程と、

前記検出された電子信号から前記第 1 及び第 2 マークの位置ずれ量を算出する工程と、

前記算出された位置ずれ量に基づいて前記試料上の第 1 マーク位置を補正する工程と、

前記補正された第 1 マークの位置に基づいて所望のパターンの位置合わせ露光を行う工程と、

を含むことを特徴とする荷電ビーム露光方法。

【請求項 8】

前記第 1 マークの位置を光学顕微鏡により測定する工程では、前記試料上に形成された複数の第 1 マークのうちの一部の位置を測定し、該測定結果によって残りの位置を算出することを特徴とする請求項 7 記載の荷電ビーム露光方法。

【請求項 9】

前記第 2 の入射エネルギーの飛程が前記レジストの膜厚よりも小さいことを特徴とする請求項 7 記載の荷電ビーム露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料上に所望のパターンを形成するための荷電ビーム露光技術に係わり、特に試料上に形成されたマークを用いて位置合わせを行う荷電ビーム露光装置及び露光方法に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

半導体ウェハ上LSIパターンを形成するものとして、従来は図14に示すような電子ビーム露光装置が用いられている。図中の1は電子銃、2a～2cはレンズ、3は第1アパーチャ、4a、4bは偏向器、5は第2アパーチャ、6はウェハ、7はステージ、8はチップ、9はミラー、10はレーザ干渉計、11は検出器、12はマーク、13は反射電子、14は電子ビームを示している。なお、第2アパーチャ5のビーム位置選択に用いる偏向器4aは、光軸上からビームを偏向するためと、偏向されたビームを光軸上に戻すために、第2アパーチャ5の上下に設置されることが多いが、ここでは簡略化して示している。

#### 【0003】

この装置において、ウェハ6上にパターンを露光する際には、予めウェハ6上の位置と光学系との相対位置を合わせる必要がある。この位置合わせのために、ミラー9及びレーザ干渉計10を用いて、ステージ7の位置を常にモニタすると共に、ウェハ6上のチップ8毎に形成された位置合わせマーク12を電子ビーム14で走査し、マーク12からの反射電子13を検出器11で検出することにより、マーク12の位置を測定している。

#### 【0004】

しかしながら、この種の方法には次のような問題があった。即ち、図15に示すように、ウェハ6上のチップ8毎にマーク検出を行っているため、ステージ移動20の回数が多くなり、結果として露光スループットが低下する。また、電子ビーム走査21によって、マーク12上のレジストが過剰に感光してネガ化領域22が発生し、これがダスト発生の原因となる。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

このように従来、電子ビーム露光における位置合わせでは、ステージ移動の回

数が多いためにスループットが低下する。また、位置合わせのための電子ビーム走査によってマーク上のレジストが過剰に感光し、ダスト発生を招いて位置合わせ精度が低下する問題があった。

【0006】

本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、位置合わせのためのビーム走査でレジストが過剰に感光するのを防止でき、且つスループットと位置合わせ精度の向上をはかり得る荷電ビーム露光装置及び露光方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

(構成)

上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。

【0008】

即ち本発明は、試料上に所望のパターンを形成するための荷電ビーム露光装置において、試料上に形成された第1マークの位置を光学顕微鏡により測定する手段と、前記測定された第1マークの位置に基づいて、荷電ビームにより第1の入射エネルギーで前記試料上に第2マークを露光する手段と、前記第1及び第2マークを含む領域を荷電ビームによって第2の入射エネルギーで走査し、該ビーム走査により前記試料から発生する電子信号を検出する手段と、前記検出された電子信号から前記第1及び第2マークの位置ずれ量を算出する手段と、前記算出された位置ずれ量に基づいて前記試料上の第1マーク位置を補正する手段と、前記補正された第1マークの位置に基づいて所望のパターンの位置合わせ露光を行う手段と、を具備してなることを特徴とする。

【0009】

また本発明は、試料上に所望のパターンを形成するための荷電ビーム露光方法において、レジストで被覆された試料上に形成された第1マークの位置を光学顕微鏡により測定する工程と、前記測定された第1マークの位置に基づいて、荷電ビームにより第1の入射エネルギーで前記試料上に第2マークを露光する工程と、前記第1及び第2マークを含む領域を荷電ビームにより第2の入射エネルギー

で走査し、該走査により前記試料から発生する電子信号を検出する工程と、前記検出された電子信号から前記第 1 及び第 2 マークの位置ずれ量を算出する工程と、前記算出された位置ずれ量に基づいて前記試料上の第 1 マーク位置を補正する工程と、前記補正された第 1 マークの位置に基づいて所望のパターンの位置合わせ露光を行う工程と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) 第 1 マークの位置を光学顕微鏡により測定する手段は、複数の第 1 マークのうちの一部の位置を測定すると共に、該測定結果によって残りの位置を算出すること。

【 0 0 1 1 】

(2) 第 2 の入射エネルギーは、第 1 の入射エネルギーよりも小さいこと。

(3) 第 2 の入射エネルギーは 3 k e V 以下であること。

(4) 第 2 の入射エネルギーを有する荷電ビームの飛程が前記レジストの膜厚よりも小さいこと。

【 0 0 1 2 】

(5) 第 1 及び第 2 の入射エネルギーを異ならせるために、試料に電圧を印加する手段を設けたこと。

(6) 第 1 及び第 2 の入射エネルギーを異ならせるために、パターン露光用の荷電ビーム光学系とは別に、マーク位置検出用の荷電ビーム光学系を設けたこと。

【 0 0 1 3 】

(7) 第 2 の入射エネルギーでのビーム走査によって、試料から発生する 2 次電子を検出すること。

(8) 荷電ビームとして電子ビームを用いること。

【 0 0 1 4 】

また、本発明でいう光学顕微鏡は、レジストを感光させない波長の光源を有していることが望ましい。また、光学顕微鏡ではなくても、マーク上にレーザ光を走査して、反射及び散乱光を検出することによって、マーク位置を検出してもよい。同様に、レーザ光を照射しつつステージを移動させ、マーク上にレーザ光を



走査するようにしてもよい。即ち、ここでいう光学顕微鏡の意味するところは、レジストを感光させない波長の光源から発せられた光により、マーク位置を検出する機能を有している点にある。

## 【 0 0 1 5 】

## (作用)

本発明によれば、光学顕微鏡で第1マーク（位置合わせマーク）の位置検出を行っているために、マーク上のレジストを過剰に感光することがない。そして、光学顕微鏡による位置検出結果に基づいて第2マーク（バーニヤパターン等）を露光し、このバーニヤパターンと位置合わせパターンとの位置ずれを測定して位置合わせずれを補正しているので、高精度な位置合わせ露光が可能となる。

## 【 0 0 1 6 】

また、ウェハ上に形成された位置合わせマークの一部についてのみ位置検出を行い、その他のマーク位置を算出するグローバルアライメントを行うことにより、従来に比べてマーク検出に要する時間を短縮することができる。その結果、電子ビーム露光における生産性を向上させることができる。

## 【 0 0 1 7 】

また、第2の入射エネルギーを第1の入射エネルギーよりも小さくすることにより、第2の入射エネルギーでレジスト表面をビーム走査する際に、第1の入射エネルギーで露光したレジスト中の潜像を重ねて露光してしまうことがないため、高精度な潜像検出が可能になる。その結果、位置合わせマークとバーニヤパターンの位置ずれ量を高精度に測定することが可能になり、ひいては高精度な位置合わせ露光が可能になる。

## 【 0 0 1 8 】

特に、第2の入射エネルギーを3 keV以下とすれば、マーク上の数 $\mu\text{m}$ 厚の絶縁膜に対して表面から0.3 $\mu\text{m}$ 程度しか露光されることがない。このため、絶縁膜表面を効果的に帯電させることが可能となり、効果的である。また、第2の入射エネルギーを有する荷電ビームの飛程をレジスト膜厚よりも薄くすれば、第1の入射エネルギーで露光したパターンを深さ方向に重ねて露光する心配が無く、効果的である。また、第1及び第2の入射エネルギーを変化させる手段とし

て、試料に電圧を印加するようにすれば、露光用の電子銃及び電子ビーム光学系と、潜像及び下地パターンの位置検出用の光学系を共用することができる。その結果、装置構成を簡略化することが可能になる。

#### 【 0 0 1 9 】

なお、本発明の特徴の一つは、バーニヤパターンと位置合わせパターンの位置ずれの測定を、比較的到低エネルギーの荷電ビームでレジスト表面を走査することによって行う点である。この原理を簡単に説明しておく。

#### 【 0 0 2 0 】

表面が絶縁体からなる試料に対して低エネルギーの荷電ビームを走査すると、絶縁体表面は帯電する。この際、試料表面には試料の断面構造を反映した電位分布が形成される。一方で、荷電ビームの走査によって生じる2次電子の発生効率は表面電位分布によって変化する。結果として、表面が絶縁体からなる試料に対して、低エネルギーの荷電ビームを走査すると、試料の断面構造を反映した2次電子信号（電位コントラスト像）を得ることができる。

#### 【 0 0 2 1 】

また、露光により、レジストに化学的、電氣的、若しくは物理的な変化を生じせしめることによって、表面電位分布を形成することができる。例えば、露光によってレジストの導電性を变化させた場合、低エネルギーの荷電ビームでレジスト表面を走査したときに得られる2次電子信号は、露光部／未露光部で異なる強度を示す。結果として、レジストの露光部／未露光部に対応した電位コントラスト増を得ることができる。

#### 【 0 0 2 2 】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

#### 【 0 0 2 3 】

#### （第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図である。本装置は、加速電圧5 keVの可変成形及びキャラクタ露光方式の電子ビーム露光装置である。以下に各部の機能を説明する。

## 【 0 0 2 4 】

電子銃 1 から放出された電子ビーム 1 4 は、コンデンサレンズ 2 a により第 1 アパーチャ 3 上に照明される。第 1 アパーチャ 3 を透過した電子ビーム 1 4 は、投影レンズ 2 b により第 2 アパーチャ 5 上に投影される。第 1 アパーチャ 3 は矩形開口を有するものであり、第 2 アパーチャ 5 は矩形と共に繰り返しパターンとなるキャラクタ開口を有するものである。ここで、成形偏向器 4 a により電子ビーム 1 4 を第 2 アパーチャ 5 上の任意の位置に偏向することにより、所望のビーム形状が実現される。第 2 アパーチャ 5 を透過した電子ビーム 1 4 は、縮小及び対物レンズ 2 c により、ステージ 7 上のウェハ 6 に照射される。このとき、ウェハ 6 上の電子ビーム 1 4 の位置は、対物偏向器 4 b により位置決めされる。

## 【 0 0 2 5 】

なお、第 2 アパーチャ 5 上のビーム位置選択に用いる偏向器 4 a は、光軸上からビームを偏向するためと、偏向されたビームを光軸上に戻すために、第 2 アパーチャ 5 の上下に設置される場合が多いが、ここでは簡略化して示している。

## 【 0 0 2 6 】

ウェハ 6 を載置するステージ 7 の 2 つの側面にはミラー 9 がそれぞれ備えられており、これらのミラー 9 に対してレーザ光を照射するレーザ干渉計 1 0 が設けられている。このレーザ干渉計 1 0 により、ステージ 7 の常時位置測定が行われる。また、ウェハ 6 と対向する位置には、電子検出器 1 1 が備えられている。そして、ウェハ 6 上に設けられたマーク 1 2 に電子ビームを走査した場合に生じる反射及び 2 次電子信号は、検出器 1 1 により検出されるものとなっている。

## 【 0 0 2 7 】

ここまでの構成は従来装置と基本的に同様であるが、本実施形態ではこれに加えて、次のような特徴的構成を付加している。即ち、本装置の第 1 の特徴は、オフアクシス顕微鏡 1 5 を搭載している点である。このオフアクシス顕微鏡 1 5 は、ウェハ 6 上のマーク 1 2 にレーザ光を照射し、散乱光若しくは反射光による光学像を検出することによって、マーク位置検出を行う。本装置の第 2 の特徴は、ステージ 7 を介してウェハ 6 に電圧を印加するための試料電源 1 6 を有している点である。これにより、例えばウェハ 6 に  $-4 \text{ keV}$  の電圧を印加することによ

って、ウェハ6への入射エネルギーを1 keV程度の低エネルギーに設定することが可能になる。

## 【0028】

次に、本実施形態における位置合わせ方法を、図2～4を用いて説明する。図2(a)～(d)は位置合わせに伴う露光装置の動きを示す図、図3(a)～(e)は位置合わせ方法を説明するための図、図4は位置合わせ方法の流れ図である。露光すべきウェハ6には複数のチップ8が形成されており、各チップ8にはそれぞれ位置合わせマーク12が設けられている。ここでは、ステージ7上にウェハ6を積載してから後の工程について述べる。

## 【0029】

1) まず、図2(a)に示すように、オフアクシス顕微鏡15を用いてチップ8の位置検出を行う。この際、ウェハ6上の代表的な5チップ（中央部と4つの周辺部）の位置検出（グローバルアライメント）を行うものとし、顕微鏡15の直下にマーク12を移動させて検出を行った。

## 【0030】

2) 1)で取得したチップ位置から所定の計算式に基づいて、ウェハ6上の全チップの位置を算出する。

## 【0031】

3) 次いで、図2(b)に示すように、ウェハ6を電子ビーム露光が可能な位置まで移動させ、1)で算出したチップ位置に基づいて位置合わせ露光を行う。この際、図3(b)に示すように、第1の入射エネルギーにより位置合わせマーク（第1マーク）201の側にバーニアパターン（第2マーク）202を露光する。

## 【0032】

ここで、第1の入射エネルギーによる露光は、試料電源からの電圧印加をしない状態（即ち、0Vの電圧を印加している状態）で行った。この場合、レジストへの入射エネルギーは電子銃に印加されている加速電圧そのものであり、5 keVとなる。また、位置合わせマーク201の断面は、図3(a)に示すようになっている。Si基板200上には、0.5  $\mu$ m幅で深さ0.5  $\mu$ mの溝からなる

位置合わせパターン201が形成されており、その上を厚さ $0.5\mu\text{m}$ の絶縁膜203が覆っている。絶縁膜203は平坦化されており、その上に厚さ $0.2\mu\text{m}$ のレジスト204が形成されている。そして、電子ビーム206aの照射により潜像が形成される。

## 【0033】

4) 次いで、図2(c)に示すように、試料電源16を用いてウェハ6に4keVの電圧を印加する。これにより、ウェハ6に入射する電子ビーム14のエネルギーは1keVまで減少し、電子の飛程はレジスト膜厚よりも小さくなる。この状態で、図3(c)に示すように、3)で露光したバーニヤパターン周辺を走査する。このビーム走査時の断面を図3(d)に示す。電子ビーム206bの入射エネルギーが小さいため、走査領域205がその底部まで感光することはない。

## 【0034】

上記のビーム走査により得られる2次電子信号を検出すると、図3(e)に示すような電位コントラスト像を検出することができる。この電位コントラスト像から、下地パターンとの相対的な位置ずれ量を検出することが可能になる。この工程を、複数箇所について行い、それぞれの位置で補正值( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ )を取得する。図17には、下地マークパターンとバーニヤパターンとの電位コントラスト像を示す。図中の $\Delta X$ が補正值を示している。

## 【0035】

5) 1)で算出したチップ位置に、4)で取得した補正值を加味し、より正確なチップ位置を算出する。

## 【0036】

6) 次いで、図2(d)に示すように、試料電源16からの電圧印加を止め、所望の加速電圧によって、5)で求めたチップ位置に基づき、位置合わせ露光を行う。

## 【0037】

以下に、上述のように露光を行った場合の作用と効果について述べる。

第1に、光学顕微鏡15で位置合わせマーク検出を行っているために、マーク

上のレジストを過剰に感光することがない。

【0038】

第2に、グローバルアライメントを行っているために、図5に示すように、ステージ移動20の回数を削減することが可能になる。この結果、従来に比べてマーク検出に要する時間を短縮することができ、その結果、電子ビーム露光における生産性を向上させることができる。

【0039】

第3に、光学顕微鏡による位置合わせ結果に基づいて、バーニヤパターン202を露光し、このバーニヤパターン202と位置合わせパターン201との位置ずれを測定して、位置合わせ誤差を補正している。これにより、グローバルアライメントにおける合わせ精度を向上させることができる。

【0040】

グローバルアライメントは露光時にウェハ上の全チップの位置合わせを行う訳ではない。このため、従来は、露光本番前に先行ウェハで位置合わせ露光を行ってパターンを形成した後、パターンの位置ずれを検査し、本番露光の際に位置補正を加える必要がある。なお、ここでいう先行ウェハとは、所望の露光基板と同様のプロセスフローを経たテスト用基板のことをいう。このような先行処理は実質的な露光スループットの低下をもたらすだけでなく、位置合わせ露光の精度劣化をもたらすことになる。

【0041】

これに対し本実施形態においては、グローバルアライメント後に、バーニヤパターンを露光し、さらに下地パターンとの位置合わせ誤差を装置外に出すことなく測定することが可能である。この結果、従来のグローバルアライメントの欠点であった先行ウェハの処理が不要になるため、露光スループットが向上する。さらに、装置内で補正值を取得できるために、露光すべきウェハ毎に補正值を取得した場合でも、従来のように露光スループットの低下をもたらすことがない。その結果、高精度な位置合わせ露光が可能になる。

【0042】

第4に、パターン観察における第2の入射エネルギーが、パターン露光の時の

第1の入射エネルギーよりも小さい。この結果、レジスト表面にビームを走査してパターン観察を行っても、第1の入射エネルギーで露光したレジスト中の潜像を重ねて露光してしまうことがない。このため、高精度な潜像検出が可能になり、結果として位置合わせマークとバーニヤパターンの位置ずれ量を高精度に測定することが可能になる。

## 【0043】

特に、第2の入射エネルギーを3 keV以下とすれば、マーク上数 $\mu\text{m}$ 厚の絶縁膜に対して表面から0.3 $\mu\text{m}$ 程度しか露光されることがないため、表面を効果的に帯電させることができる。また、第2の入射エネルギーを1 keV以下にすれば、レジスト表面から0.05 $\mu\text{m}$ 程度しか露光されることがなく、これは殆ど露光されないと思なすことができ、より効果的である。

## 【0044】

ここで、前記図3(a)に示す試料に対するパターン観察時の第2の入射エネルギーとコントラストの関係を、図16(a)に示す。ここでのコントラストCは、 $C = |A - B| / |A + B|$ と定義している。また、前記Aはマークからの信号値、前記Bはマーク部以外からの信号値である。図16(a)に示すように、加速電圧が3 keV程度の場合に最大のコントラストが得られている。基板種類は様々であるが、概ね3 keV程度の入射エネルギーであれば、良好なコントラストを有する電位コントラスト像(図16(b))が得られる。これは、上述したように、この程度のエネルギーであれば、レジスト表面を効率的に帯電させることができるためである。

## 【0045】

第5に、パターン観察時とパターン露光時の入射エネルギーを変化させる手段として、ウェハ6に電圧を印加している。このようにすれば、露光用の電子銃及び電子ビーム光学系と、潜像及び下地パターンの位置検出用の光学系を共用することができる。その結果、装置構成を簡略化することが可能になる。

## 【0046】

なお、上記実施形態では、試料電源16からの電圧印加を止めて、第1の入射エネルギーを5 keVとして露光を行ったが、必ずしも試料電源16からの電圧

印加を止める必要はない。露光時の入射エネルギーは、電子がレジストを貫通するようなエネルギーであればよい。

【0047】

(第2の実施形態)

図6は、本発明の第2の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図である。なお、図1と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0048】

本実施形態が先に説明した第1の実施形態と異なる点は、試料に電圧を印加する手段としての電源16がない代わりに、パターン観察用の電子ビーム走査部60を設けたことにある。このパターン観察用の電子ビーム走査部60は、電子銃61、照明及び対物レンズ系62a、62b、偏向器64を有しており、加速電圧1keVの電子ビームをウェハ6上の所望の領域に走査することができる。

【0049】

このような装置であれば、前記4)の工程において、試料電源16を用いる代わりに電子ビーム走査部60を用いて、ウェハ6に入射する電子ビーム614のエネルギーを1keVまで減少させた状態でバーニヤパターン周辺を走査することにより、各々のマークの位置ずれを測定することができる。従って、第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0050】

なお、上記第2の実施形態では、試料電源16をあえて用いない装置構成としているが、これに試料電源16を加えても何ら不都合は生じない。例えば、パターン観察用の電子ビーム走査部60を用いると同時に、試料電源16を用いて試料に電圧を印加しても構わない。この場合、パターン観察用の電子ビーム走査部60の加速電圧は、試料電源16から印加される電圧を考慮して決定すればよい。この場合でも、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0051】

(第3の実施形態)

本実施形態では、アライメント光学系と露光光学系のベースラインシフトを、



ステージやウェハパレット上に設けた標準マークを用いて修正する方法について説明する。本実施形態で使用した荷電ビーム露光装置は、第1の実施形態と同様の構成である。

#### 【0052】

本実施形態の位置合わせ方法では、まず図7(a)に示すように、オフアクシス顕微鏡15を用いて、ウェハパレット77上に設けた標準マーク71の位置を計測する。次いで、図7(b)に示すように、パレット77上の標準マーク71の位置を電子ビーム走査により計測する。このようにすることで、アライメント光学系（オフアクシス顕微鏡）と電子ビーム光学系のベースラインシフト（位置ずれ）を計測する。さらに、計測したベースラインシフトに基づいてチップ位置の補正を行い、パターン露光やバーニヤ露光を行う。この部分については、第1の実施形態と同様である。

#### 【0053】

この方法は、複数枚のウェハを処理する際に有効である。例えば、20枚の同種のウェハを処理する場合、初めの1枚については、第1の実施形態と同様の処理を行い、2枚目以降については、ベースラインシフトのみを計算しておく。ベースラインシフトが予め定めておいた基準値よりも大きくなった場合には、再度第1の実施形態に示した処理を行ってもよい。

#### 【0054】

なお、本実施形態ではウェハパレット77上に標準マーク71を設けたが、図8(a)(b)に示すように、ウェハ6上にベースライン補正用の標準マーク72を設けてもよい。このようにしても、本実施形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【0055】

以下に、上述のように露光を行った場合の作用と効果について述べる。

第1に、アライメント光学系（オフアクシス顕微鏡）と電子ビーム光学系のベースラインシフト（位置ずれ）を計測することが可能になるため、アライメント光学系でのマーク位置の計測精度が向上する。その結果、パターン露光やバーニヤ露光における位置決め精度が向上する。

## 【 0 0 5 6 】

第 2 に、複数毎のウェハ処理を行う場合の処理時間を短縮することが可能になる。即ち、バーニヤ露光を行うのは初めの 1 枚のみとし、2 枚目以降については、ベースラインシフトのみを計測しておく。このようにすれば、アライメントに係わる時間を短縮することが可能になり、電子ビーム描画における生産性を向上させることができる。

## 【 0 0 5 7 】

## (第 4 の実施形態)

本実施形態では、アライメントと位置ずれ検査を同時に行う方法について、図 9 を用いて説明する。ここで用いた電子ビーム露光装置の基本構成は、第 1 の実施形態で用いた露光装置と同様である。しかしながら、図 9 に示すように、ウェハ 6 を搭載するウェハパレット 7 7 を 2 枚 (パレット A, B) 持っている点と、アライメント動作と露光動作を同時に行う点が異なっている。以下に、本実施形態の露光方法について詳しく説明する。

## 【 0 0 5 8 】

- 1) パレット A にウェハ 6 A を搭載する。
- 2) パレット A に搭載されたウェハ 6 A について、オフアクシス顕微鏡 1 5 を用いて、マーク位置の位置検出を行う。マーク位置検出を行ったチップは 8 個である。

## 【 0 0 5 9 】

- 3) 次いで、パレット A を電子ビーム光学系の下に移動させ、バーニヤパターンの露光を行う。ここでは、マーク位置検出を行うチップ数と同じ 8 チップにバーニヤパターンの露光を行った。

## 【 0 0 6 0 】

- 4) 上記 3) のステップと同時にパレット B にウェハ 6 B を搭載する。
- 5) パレット A に載せたウェハ 6 A の位置ずれ検査と、パレット B に載せたウェハ 6 B のマーク位置検出を同時に行う。ここでは、ウェハ 6 B のマーク位置検出とウェハ 6 A の位置ずれ検査のチップ数は 8 チップと同じとなっているため、ステージ移動回数も同じになり、ほぼ同時間でそれぞれの処理を行うことができ

る。

【0061】

6) パレットA上のウェハ6Aの位置ずれ検査終了後、第1の実施形態と同様にチップ位置の補正を行って位置合わせ露光を行う。この間、パレットBに搭載されたウェハ6Bは待機している。

【0062】

7) パレットA上のウェハパターン露光終了後、パレットBに搭載されたウェハ6Bを電子ビーム光学系の下に移動させ、バーニヤパターンの露光を行う。ここでは、マーク位置検出を行うチップ数と同じ8チップにバーニヤパターンの露光を行った。

【0063】

8) 上記7)のステップと同時にパレットAに搭載されたウェハ6Aを退避させ、別のウェハ6をパレットAに搭載する。

9) パレットAに載せたウェハ6Aの位置ずれ検査と、パレットBに載せたウェハ6Bのマーク位置検出を同時に行う。以下、上記6)～8)の動作を繰り返す。

【0064】

本実施形態の特徴は、上記5)及び9)のステップにおけるステージの駆動方法にある。この方法について図10を参照して説明する。図10には、アライメント光学系、電子ビーム光学系、パレットA上に搭載されたウェハ6A、パレットB上に搭載されたウェハ6Bが示してある。

【0065】

図10(a)は、基本的な配置である。図10(b)はパレットA及びパレットBを垂直方向に駆動させる例、図10(c)にはパレットを水平方向に駆動する場合の図が示されている。図示したように、パレットA及びBを、アライメント光学系と電子ビーム光学系の中心点Pと対称に移動させると、ステージを高速に動かした場合でも、荷重バランスが保たれているので、装置の振動を抑制することが可能になる。

【0066】

このように本実施形態によれば、アライメントと位置ずれ検査を同時に行うことができる。この結果、ウェハを1枚毎に処理していた場合に比べ、露光スループットを向上させることができる。また、2枚のステージの荷重をバランスさせ駆動することにより、ステージ駆動に伴う装置自体の振動を抑制することが可能になる。この結果、高精度なマーク位置検出及びビーム位置決めが可能になり、高精度な位置合わせを行うことができる。

## 【0067】

## (第5の実施形態)

ここでは、第4の実施形態の変形例として、図11を用いて説明する。ウェハパレット上に2枚のウェハを載置できるようになっている。

## 【0068】

ここで用いた電子ビーム露光装置の基本構成は、第1の実施形態で用いた露光装置と同様である。しかしながら、図11に示すように、2枚のウェハを搭載するウェハパレットを持っている点と、アライメント動作と露光動作を同時に行う点が異なっている。以下に、本実施形態の露光方法において、図12を用いて詳しく説明する。図12には、アライメント光学系、電子ビーム光学系、ウェハパレット77と、パレット77上の位置A及びB、ロード・アンロード位置A及びBが示してある。

## 【0069】

- 1) ウェハロード・アンロード位置Aにおいて、パレット77上の位置Aにウェハ①を載置する。
- 2) パレット77に搭載されたウェハ①をアライメント光学系の下に移動させる。この際に、ウェハ②をパレット77上に載置する。
- 3) ウェハ①について、オフアクシス顕微鏡を用いて、マーク位置の位置検出を行う。マーク位置検出を行ったチップは8個である。

## 【0070】

- 4) ウェハ①を電子ビーム光学系の下に移動させる。バーニヤパターンの露光を行う。ここでは、マーク位置検出を行うチップ数と同じ8チップにバーニヤパターンの露光を行った。さらに、電子ビーム光学系下にあるウェハ①の位置ずれ

検査と、アライメント光学系下のウェハ②のマーク位置検出を同時に行う。ここでは、ウェハ②のマーク位置検出とウェハ①の位置ずれ検査のチップ数は8チップと同じになっているため、ステージ移動範囲も同じになり、ほぼ同時間でそれぞれの処理を行うことができる。ウェハ①の位置ずれ検査終了後、ウェハ位置のパターン露光を行う。

【0071】

5) ウェハ①のパターン露光終了後、ウェハ①をロード・アンロード位置Bに移動させ、ウェハ①を退避させる。これと同時にウェハ③をパレット77上の位置Aに載置する。この際、ウェハ②は電子ビーム光学系の下に移動することになる。

【0072】

6) ウェハ②のパターン露光を行う。

7) ウェハ②のパターン露光終了後、ウェハ②をロード・アンロード位置Bに移動させ、ウェハ②を退避させると共に、ウェハ④をロードする。これ以降、上記2) から7) の動作を繰り返す。

【0073】

なお、図13に示すように、アライメント光学系を2個設けてもよい。この場合は、以下のような動作となる。

【0074】

1) ウェハ①のロード

2) ウェハ①のアライメント

3) ウェハ①のバーニヤ露光を行い、ウェハ①の位置ずれ検査及びウェハ②のアライメントを同時に行って、次いでウェハ①のパターン露光を行う。

【0075】

4) ウェハ①の退避とウェハ③のロード

5) ウェハ②のバーニヤ露光を行い、ウェハ②の位置ずれ検査とウェハ③のアライメントを同時に行い、次いでウェハ②のパターン露光を行う。

【0076】

本実施形態によれば、第4の実施形態と同様に、アライメントと位置ずれ検査

を同時に行うことができる。その結果、ウェハを1枚毎に処理していた場合に比べ、露光スループットを向上させることができる。

## 【0077】

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。露光装置の構成は図1に何ら限定されるものではなく、仕様に応じて適宜変更可能である。また、電子ビームに限らず、イオンビームを用いた露光に適用することも可能である。

## 【0078】

実施形態の中で述べたレジスト中の潜像とは、レジストが荷電ビーム露光により、化学的、電氣的、若しくは物理的な変化を生じることを指す。具体的には、感光材の分解に伴う膜厚の変化や導電性の変化などを指す。本発明は、荷電ビーム露光によるレジストの変化（即ち、潜像）が顕著に生じない場合でも適用可能である。ここでいう、荷電ビームによる潜像が生じにくい場合とは、1）レジストが感光しない程度の低露光量でバーニヤパターンを露光する場合や、2）Si酸化膜などを大きな露光量を必要とする場合、3）荷電ビーム露光による膜厚変化や導電性変化を起こしにくいレジストを使用する場合に相当する。このような場合でも、バーニヤパターンを露光して、レジスト表面に帯電痕を形成することにより、バーニヤパターンと下地マークの位置ずれ量を検出することが可能である。図18に、下地マーク像とバーニヤパターンの帯電痕による電位コントラスト像を示す。

## 【0079】

また、上記実施形態におけるバーニヤパターンと下地パターンとの位置合わせ誤差計測に際しては、ビーム走査領域内で電子ビームをランダムに走査したり、往復方向に走査してもよい。このようにすれば、ビーム走査方向に依存した信号波形の歪みを低減することが可能になる。

## 【0080】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

## 【0081】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、光学顕微鏡で位置合わせマーク検出を行っているために、マーク上のレジストを過剰に感光することがない。また、光学顕微鏡による位置合わせ結果に基づいてバーニヤパターンを露光し、このバーニヤパターンと位置合わせパターンとの位置ずれを測定して、位置合わせ誤差を補正しているので、高精度な位置合わせ露光が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図。

【図 2】

第 1 の実施形態における位置合わせに伴う露光装置の動きを示す図。

【図 3】

第 1 の実施形態における位置合わせ方法を説明するための図。

【図 4】

第 1 の実施形態における位置合わせ方法の流れ図。

【図 5】

第 1 の実施形態におけるマーク検出の様子を示す図。

【図 6】

第 2 の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図。

【図 7】

第 3 の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図。

【図 8】

第 3 の実施形態の変形例を示す概略構成図。

【図 9】

第 4 の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図。

【図 1 0】

第 4 の実施形態におけるステージ駆動方法を説明するための図。

【図 1 1】

第 5 の実施形態に係わる電子ビーム露光装置を示す概略構成図。

【図 1 2】

第 5 の実施形態におけるステージ駆動方法を説明するための図。

【図 1 3】

第 5 の実施形態におけるステージ駆動方法を説明するための図。

【図 1 4】

従来の電子ビーム露光装置を示す概略構成図。

【図 1 5】

従来の露光方法の問題点を説明するための図。

【図 1 6】

図 3 ( a ) に示す試料に対するパターン観察時の第 2 の入射エネルギーとコントラストの関係を説明するための特性図と顕微鏡写真。

【図 1 7】

下地マークパターンとバーニヤパターンとの電位コントラスト像を示す顕微鏡写真。

【図 1 8】

下地マーク像とバーニヤパターンの帯電痕による電位コントラスト像を示す顕微鏡写真。

【符号の説明】

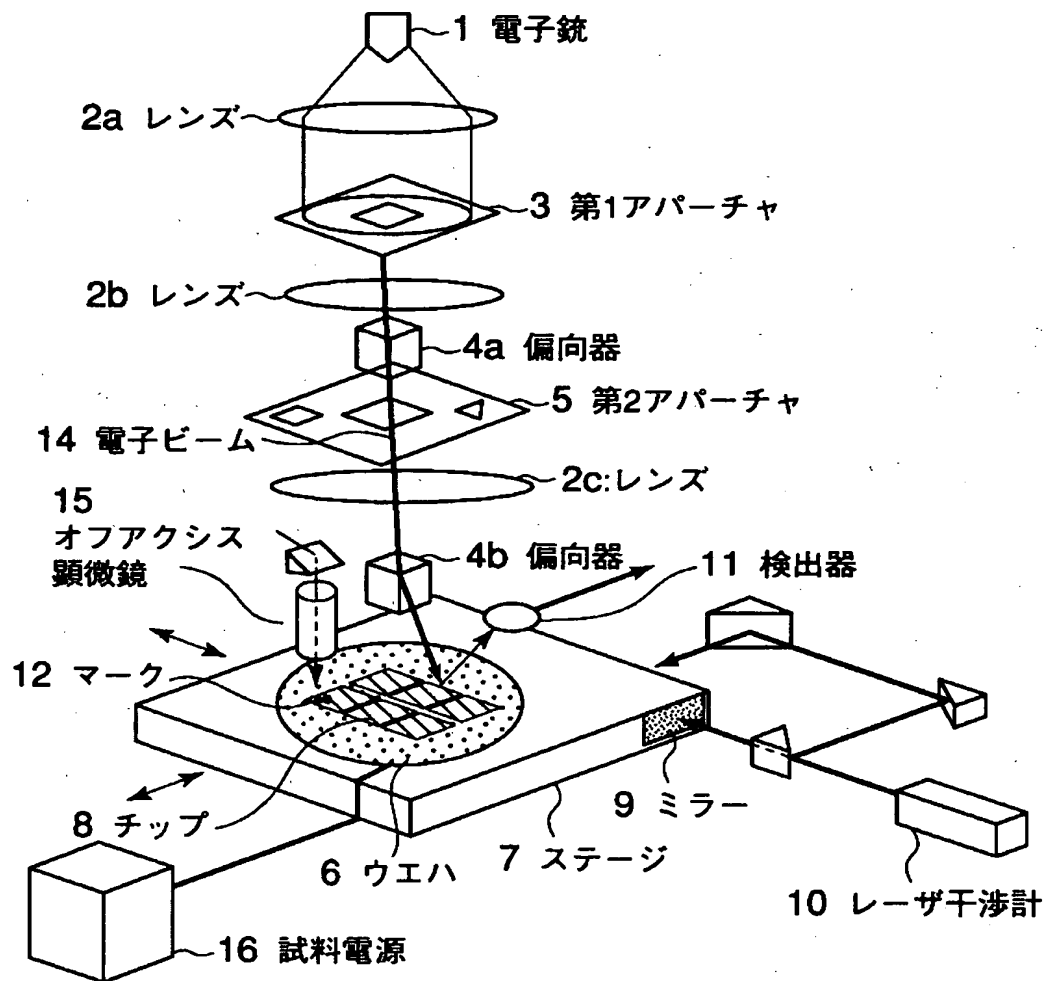
- 1 … 電子銃
- 2 a ～ 2 c … レンズ
- 3 … 第 1 アパーチャ
- 4 a , 4 b … 偏向器
- 5 … 第 2 アパーチャ
- 6 … ウェハ
- 7 … ステージ
- 8 … チップ
- 9 … ミラー
- 1 0 … レーザ干渉計
- 1 1 … 検出器



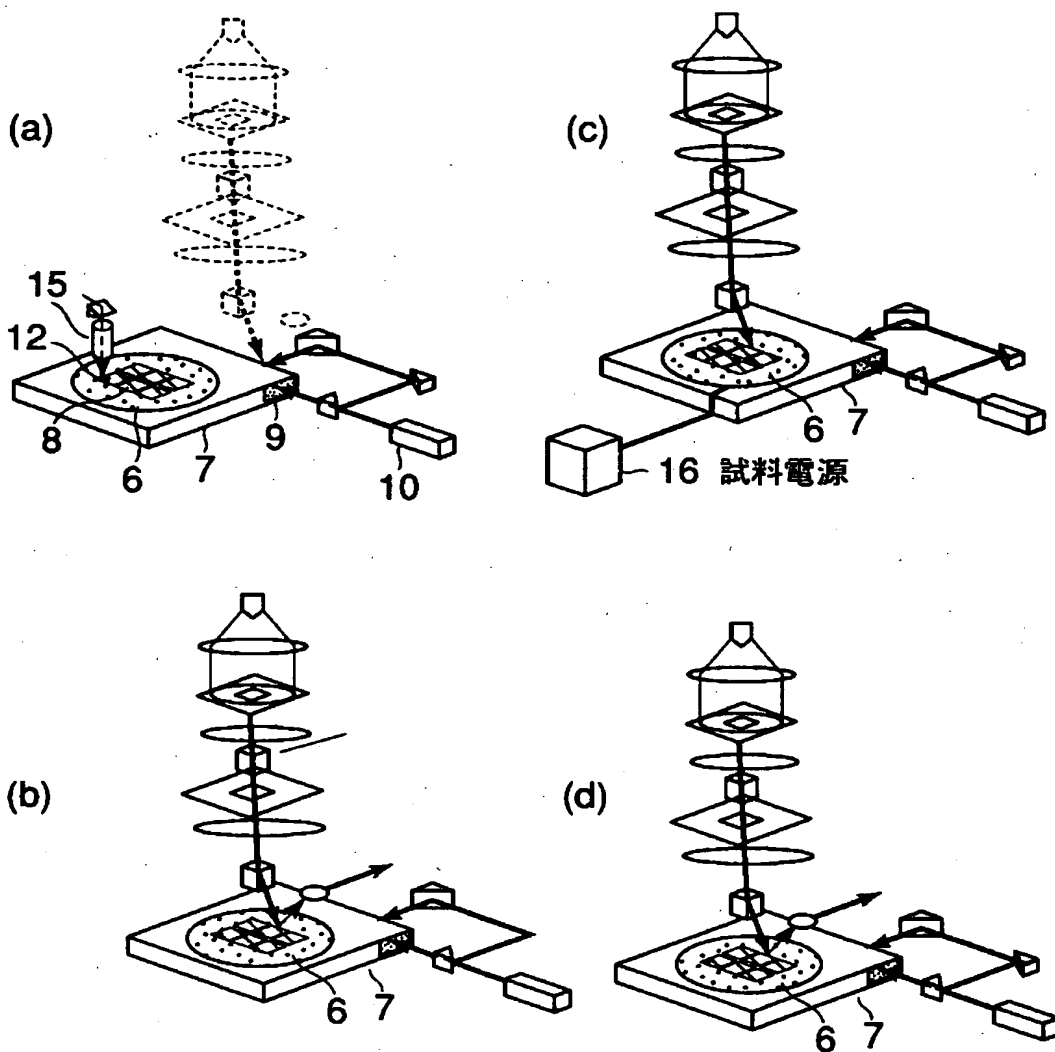
- 12…マーク
- 13…反射電子
- 14…電子ビーム
- 15…オフアクシス顕微鏡
- 16…試料電源
- 60…電子ビーム走査部
- 71, 72…標準マーク
- 77…ウェハパレット
- 200…基板
- 201…位置合わせマーク (第1マーク)
- 202…バーニアパターン (第2マーク)
- 203…絶縁膜
- 204…レジスト
- 205…走査領域
- 206…電子ビーム

【書類名】 図面

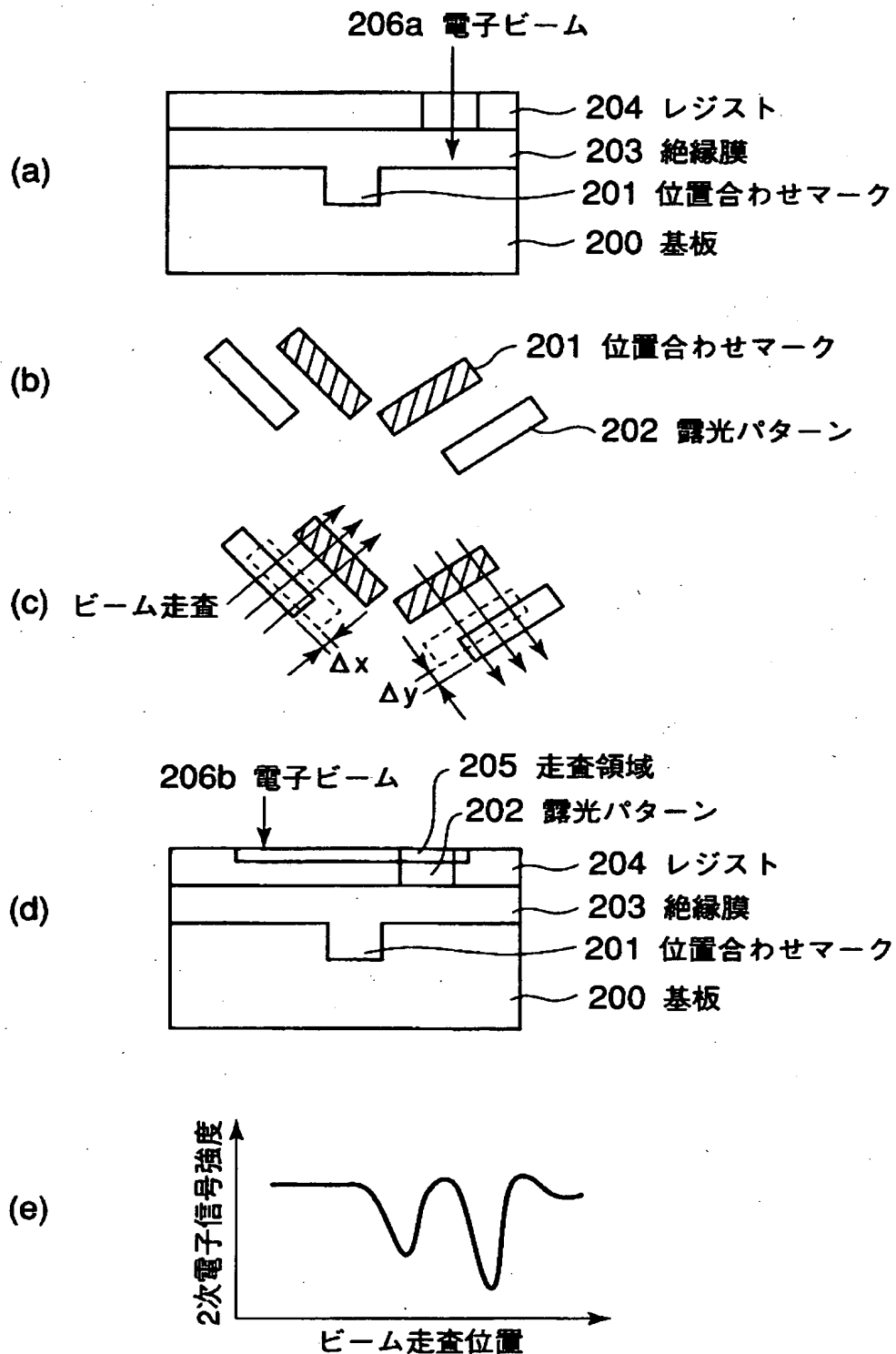
【図 1】



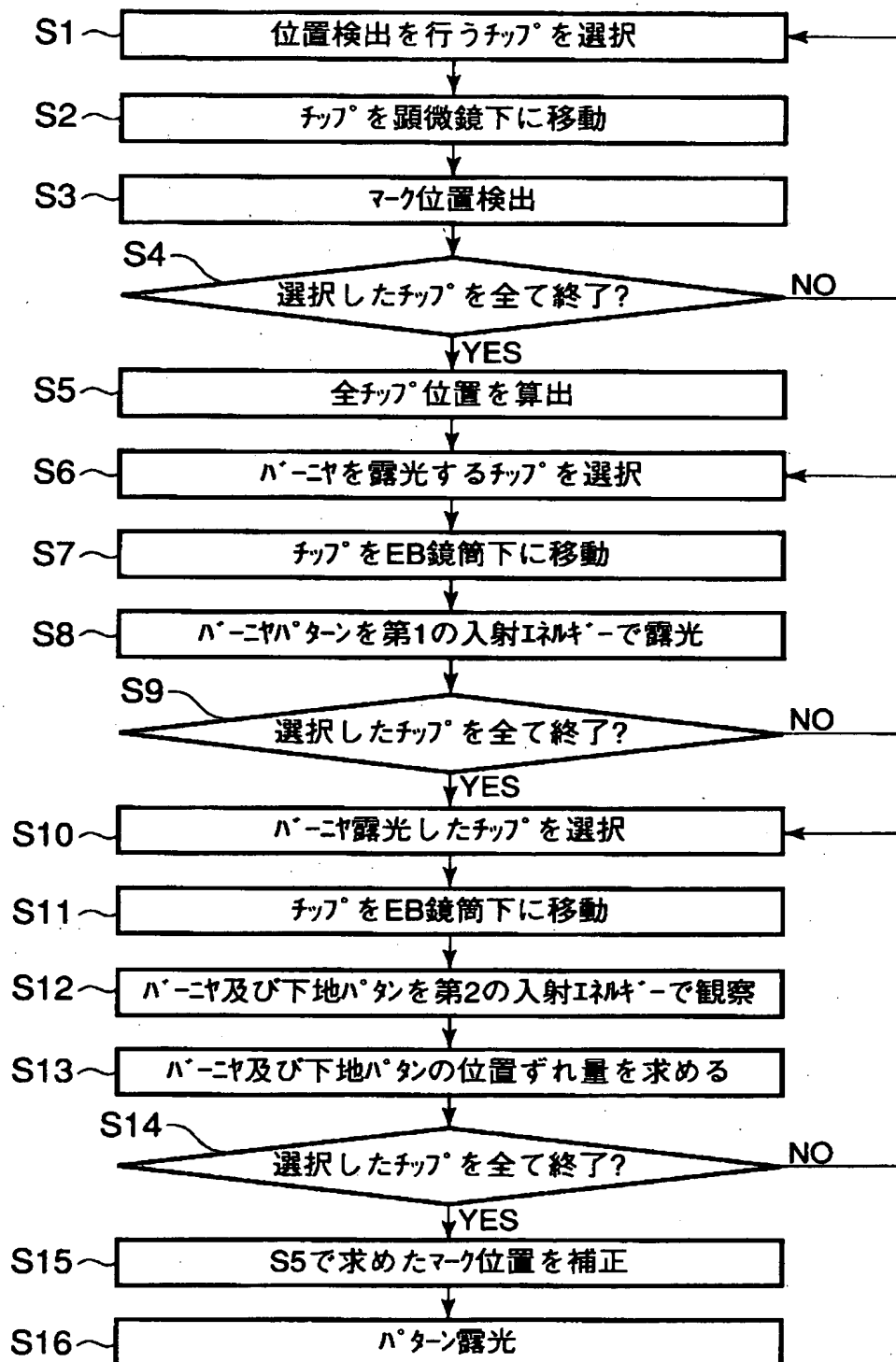
【図 2】



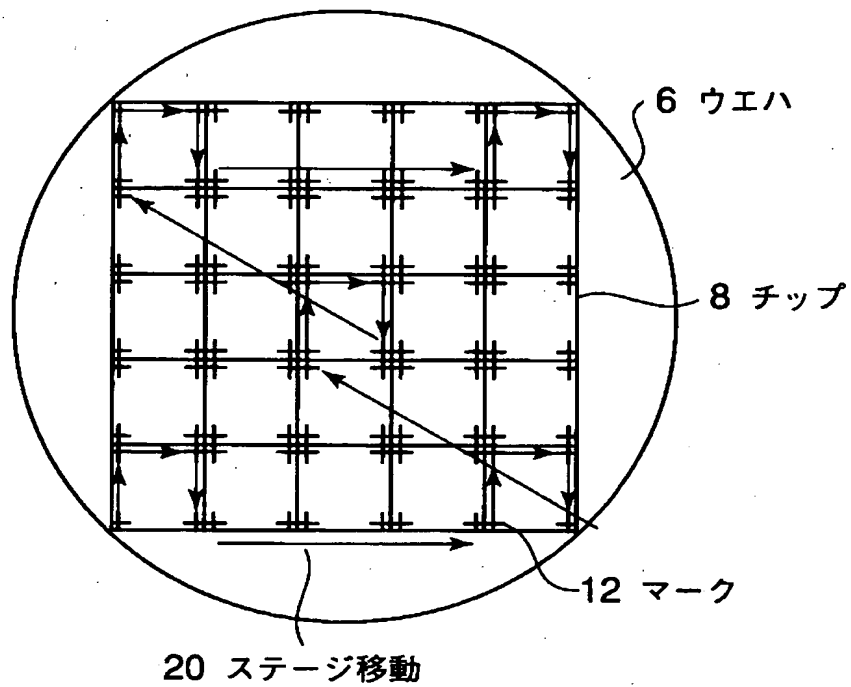
【図 3】



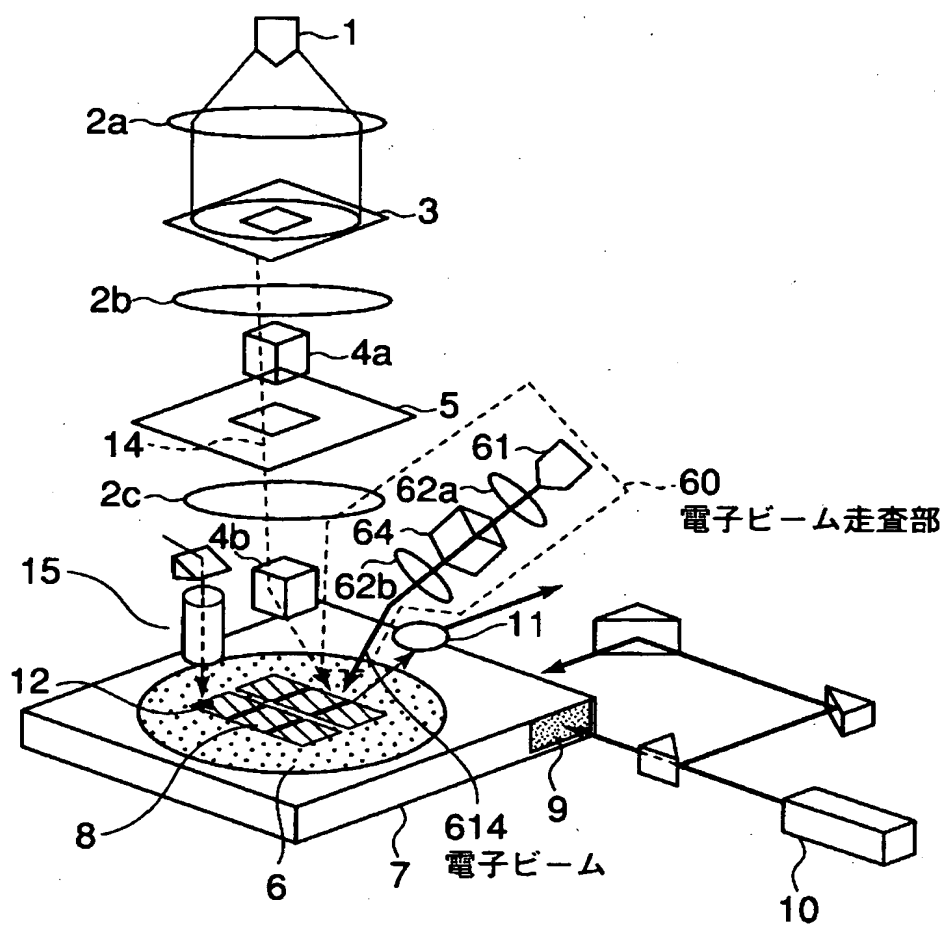
【図 4】



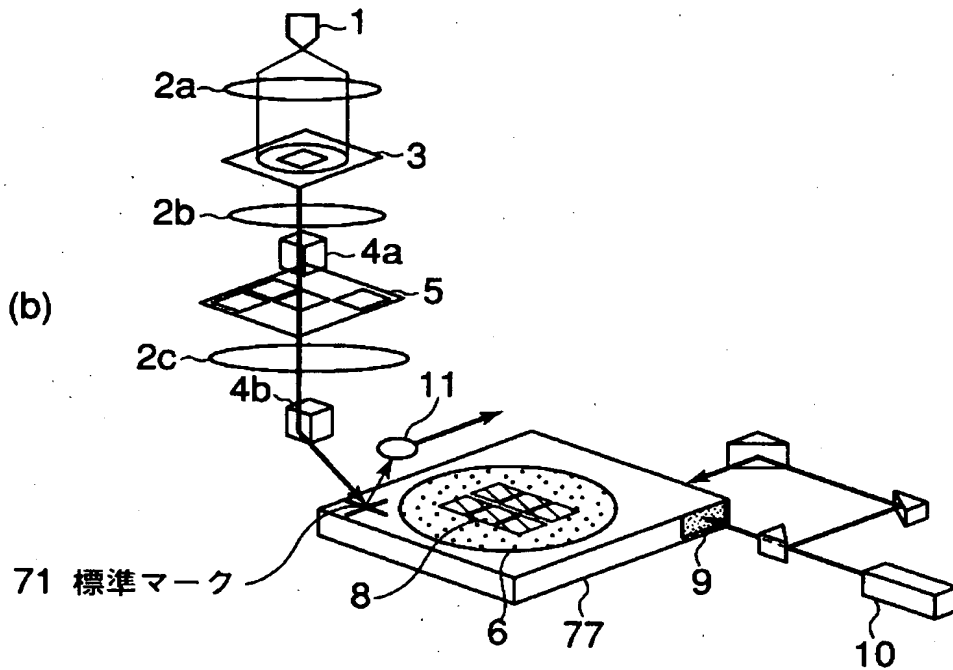
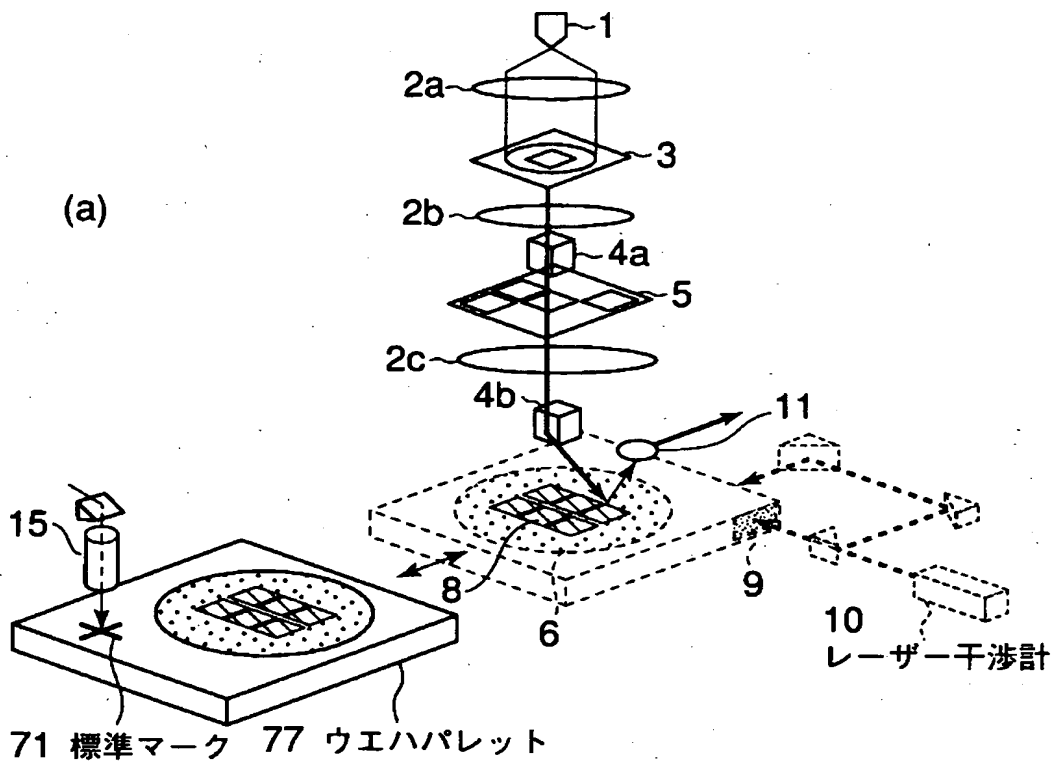
【図5】



【図 6】

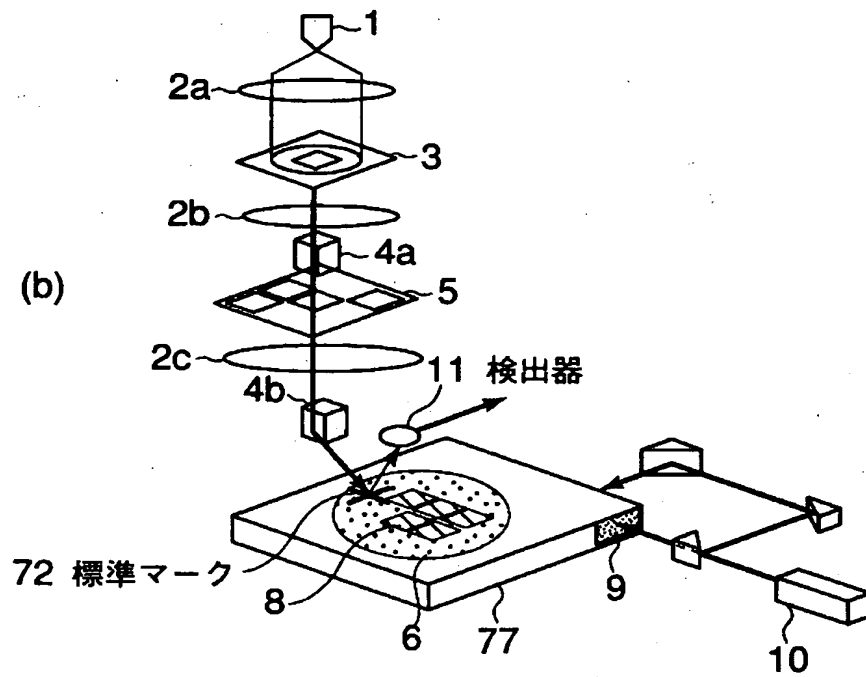
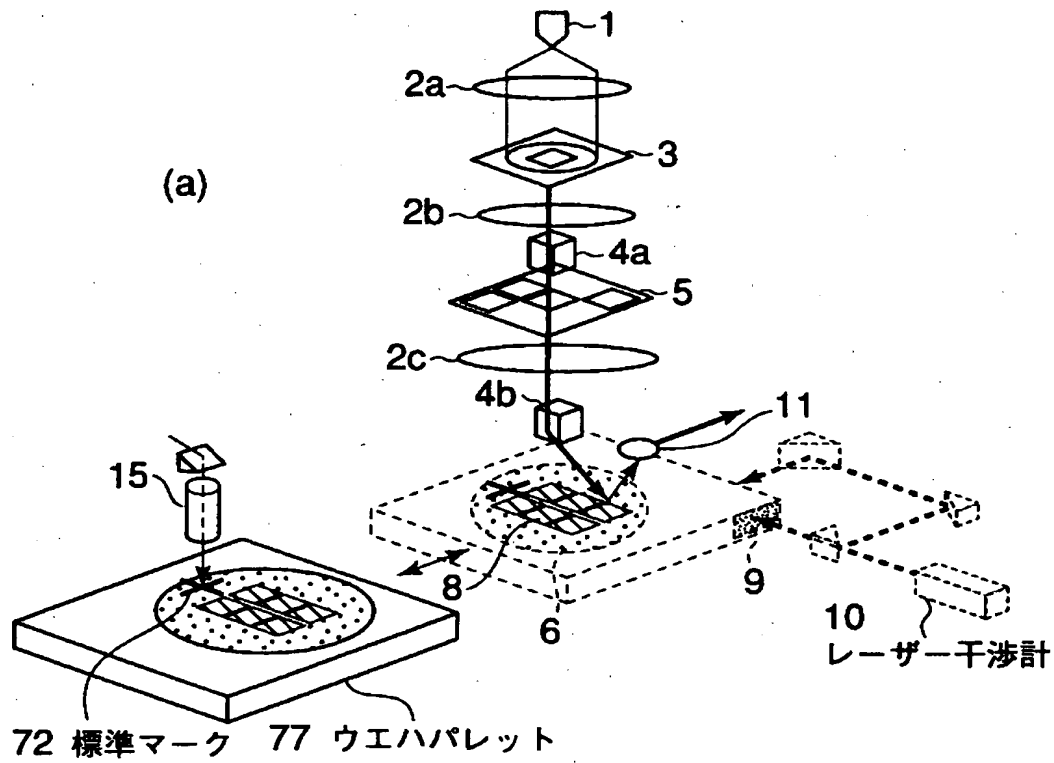


【図 7】

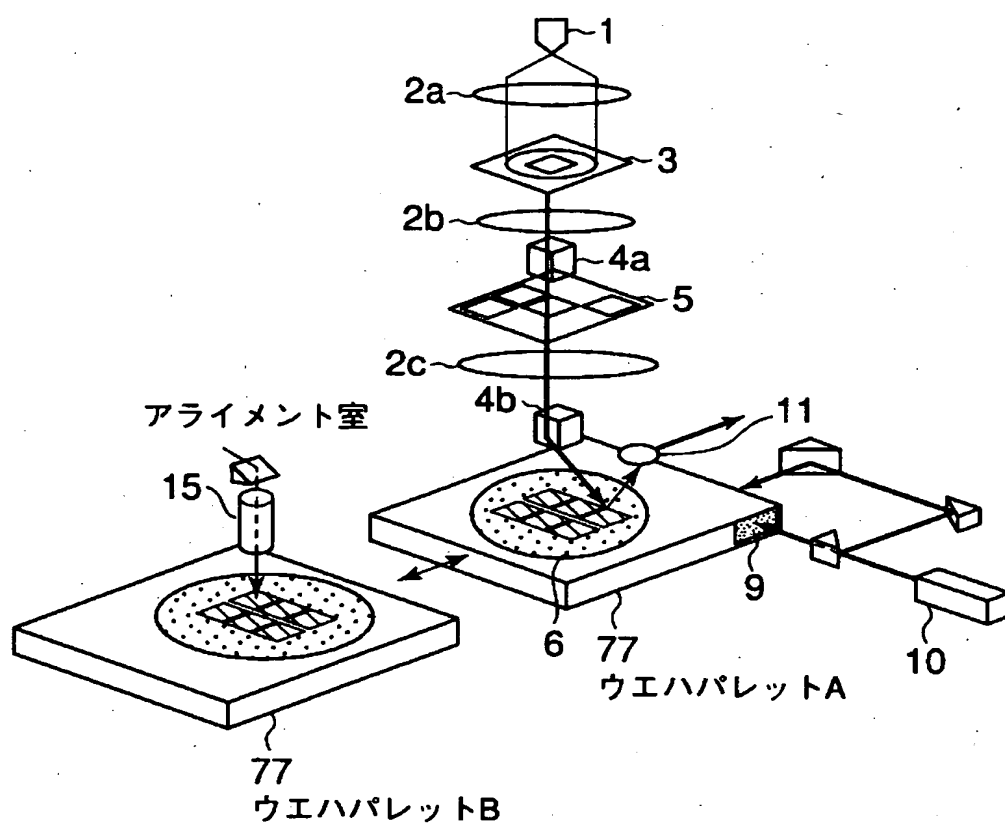




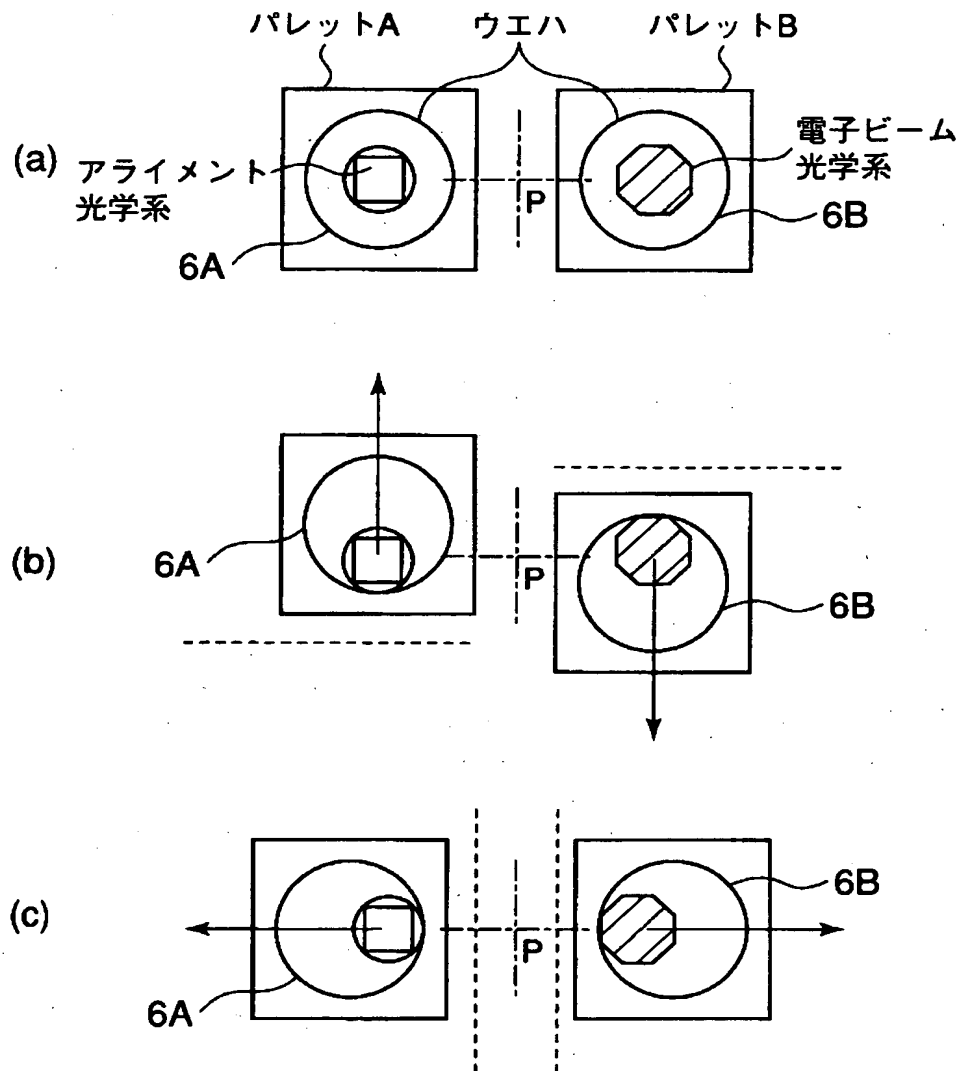
【図 8】



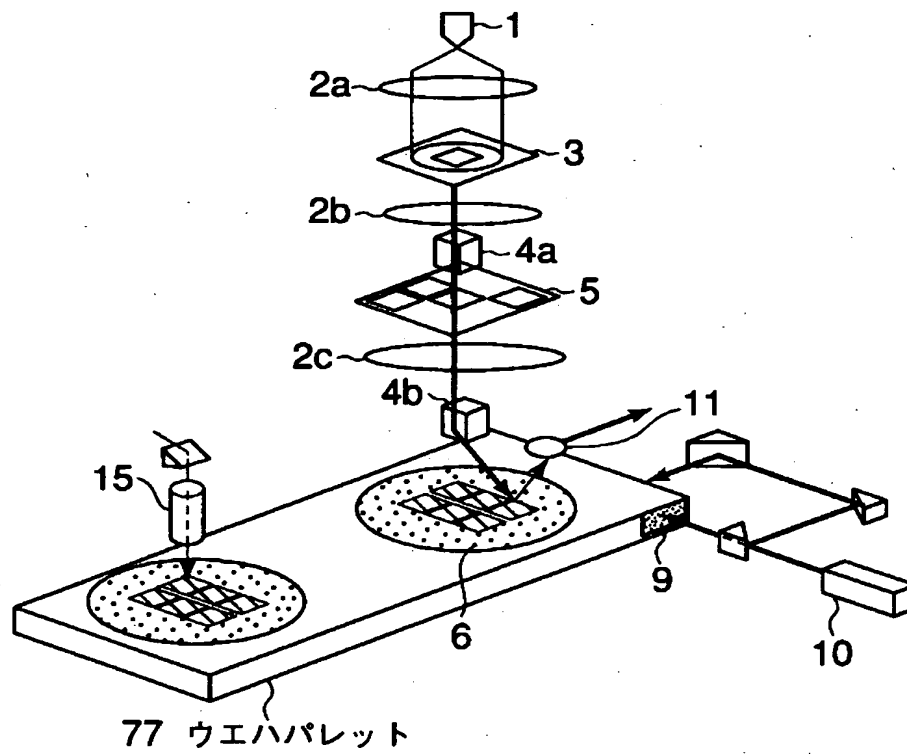
【図9】



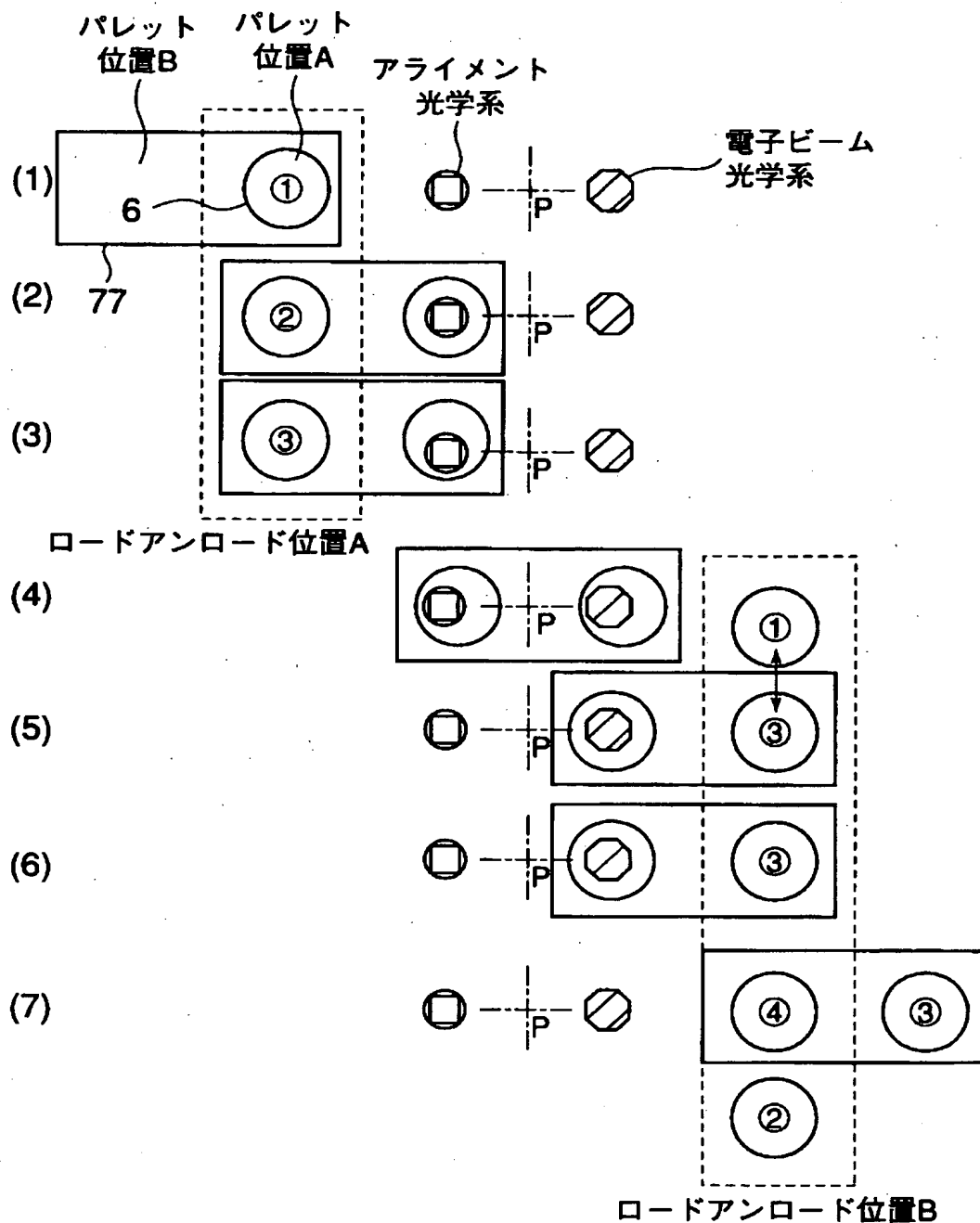
【図10】



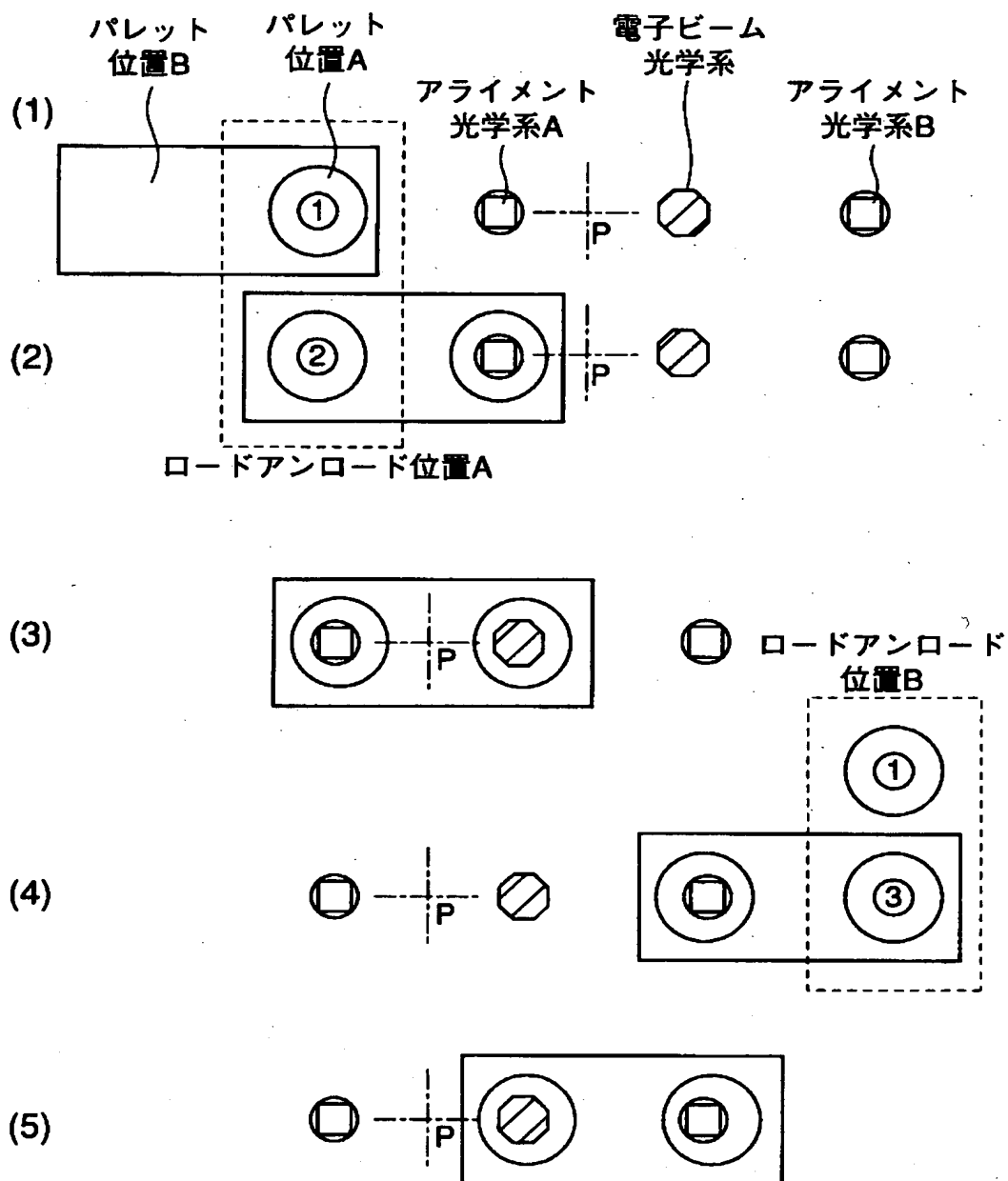
【図 11】



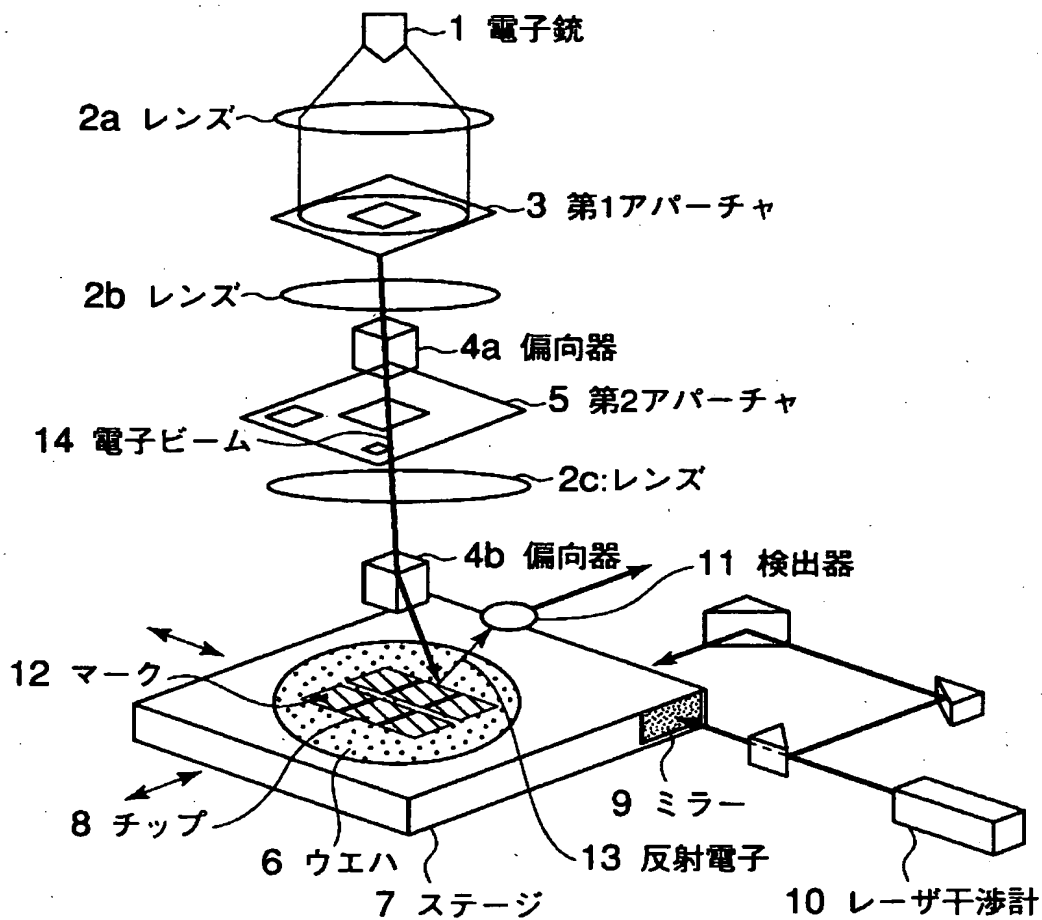
【図 12】



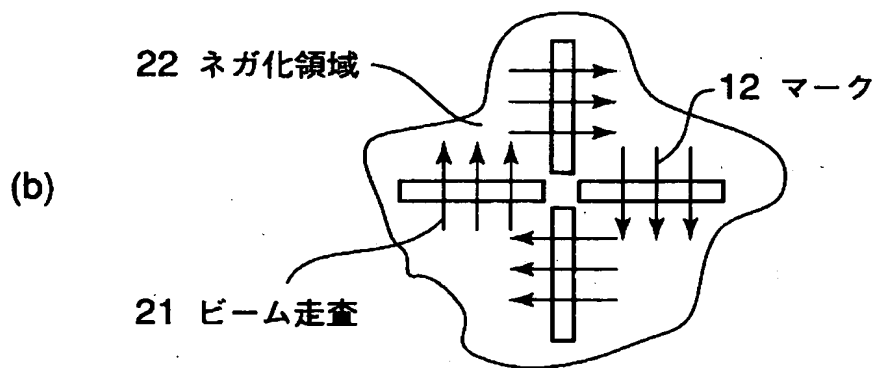
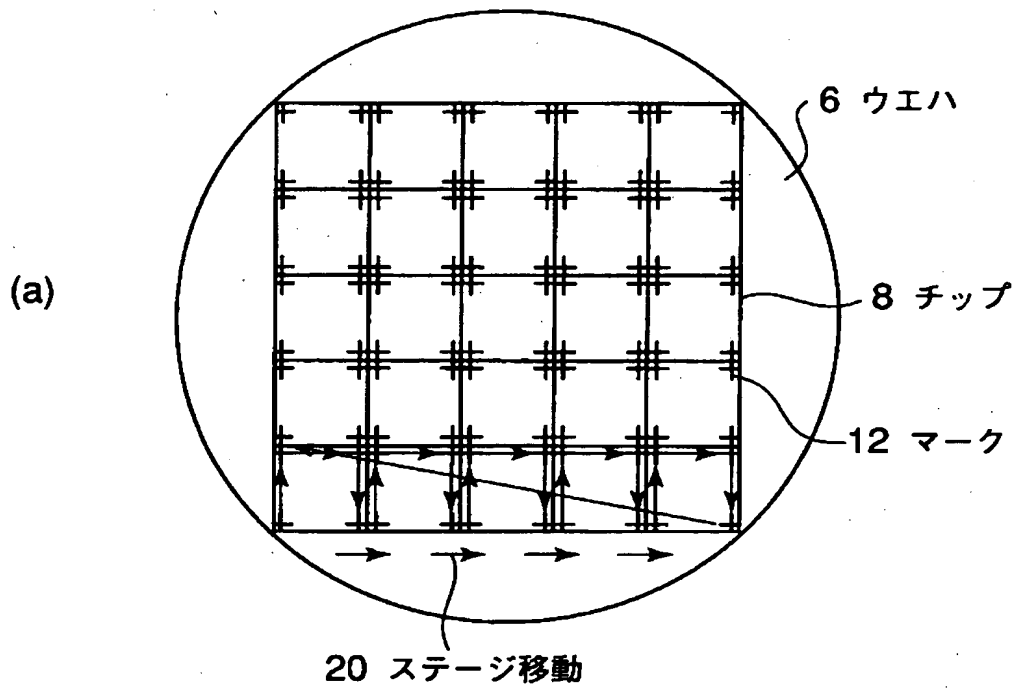
【図 13】



【図14】



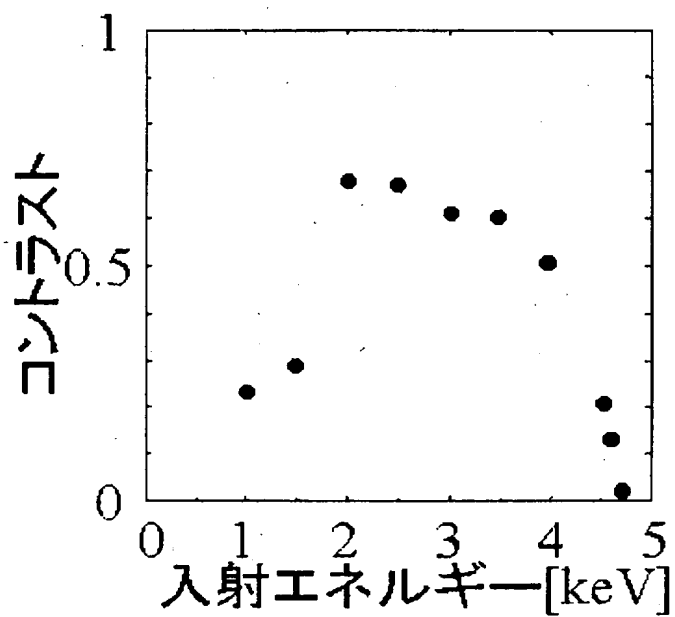
【図15】



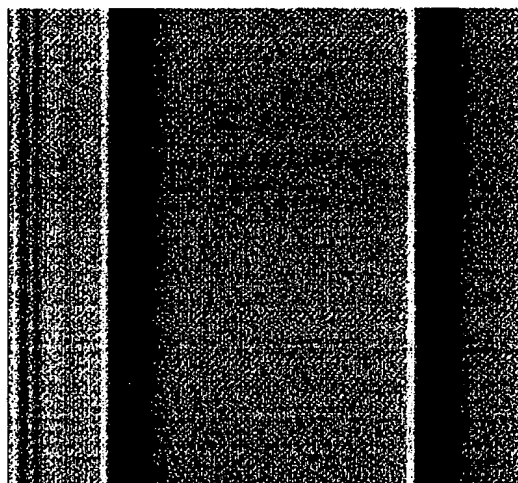


【図 16】

(a)

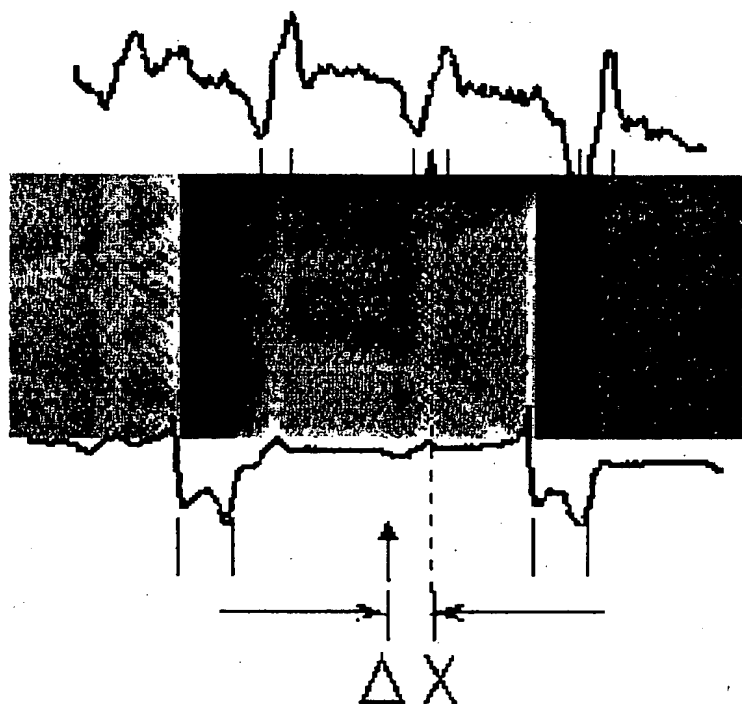


(b)

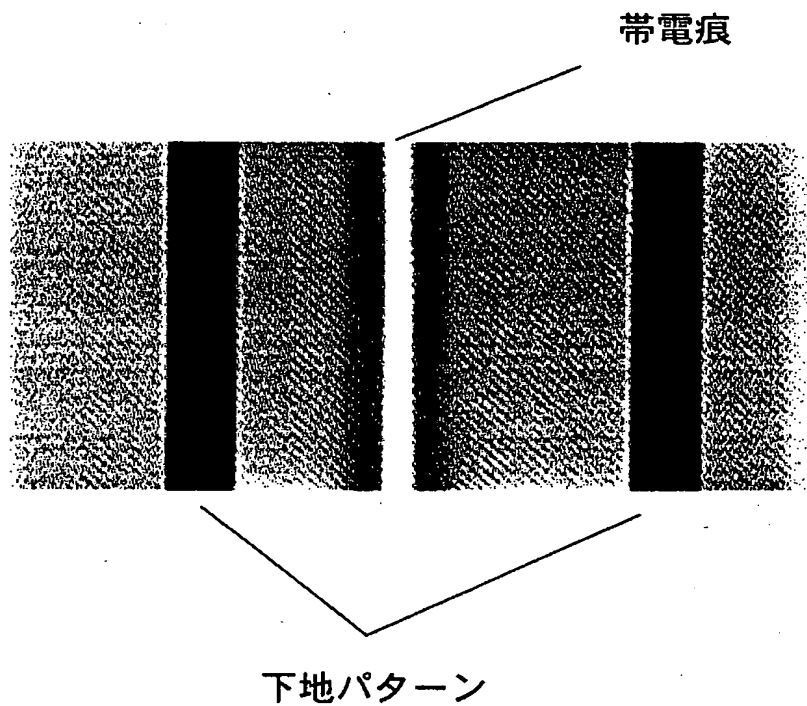


下地パターン

【図17】



【図 1 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 位置合わせ時のステージ移動の回数を少なくし、レジストの過剰感光を防止でき、露光スループットの向上と共に位置合わせ精度の向上をはかる。

【解決手段】 電子ビーム露光方法において、ウェハ 6 上の位置合わせマーク 1 2 の位置をオフアクシス顕微鏡 1 5 により測定した後、測定マーク位置に基づいてチップ位置を算出し、算出したチップ位置に基づいて電子ビームによりバーニアパターンを露光し、次いで位置合わせマーク 1 2 とバーニアパターンを含む領域を低い入射エネルギーの電子ビームにより走査し、このとき得られる 2 次電子信号を電子検出器 1 1 で検出し、検出した 2 次電子信号から位置合わせマークとバーニアパターンとの位置ずれ量を求め、求めた位置ずれ量に基づいてウェハ 6 上のチップ位置を補正し、補正したチップ位置に基づいて所望のパターンの位置合わせ露光を行う。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝